

(5) 砕波堤を利用した水域の浄化システム[水域のうつろ]

PURIFICATION SYSTEM OF WATER AREA BY MAKING USE OF WAVE-BREAKING
BREAKWATER (UTSURO : UNSUBSTANCE IN WATER AREA)

赤井一昭* 上田伸三** 大城聖三*** 麻田幹彦*** 阿部和郎**** 菅原武之****
Kazuaki AKAI*, Sinzo UEDA**, Seizo OOSHIRO***, Mikihiro ASADA****,
Kazuro ABE****, Takeshi SUGAHARA****

ABSTRACT; This is the system for purifying the water in large area by using the energy of the waves and the tide. We have found that the wave-breaking breakwater with much void in them have a lot of effects on purifying the water. And this time, we fence off the area which we want to purify, and call it "the system of purifying the water area" or "Utsuro; the unsubstance of the water area and the ocean". Not only this "Utsuro" is effective for such polluted waters as red water, river pollution, sewage drainage and pollution by oil, but also, by using the energy of waves, high tide, and tsunami, it turns "disasters" into "harmless things rather to be more useful. Therefore, this "Utsuro" makes good efforts on preserving and developing the environment.

KEYWORDS;The system for purifying water area, Utsuro of the water area and the ocean, Purification system of water area by making use of the energy of waves and tide, Purifying brackwater

1. まえがき

最近では海岸や湖沼の水域が汚染され、水産業、観光、レジャー等の資源として大きな問題となっている。また、海洋法上200海里が確定し、日本は世界の海洋大国となったが、このような広大な海洋国土をどのように保全し、開発をすすめていくかがこれからの日本の大きな課題である。ここに紹介する水域の浄化システムは、波浪や潮汐のエネルギーを利用して莫大な水域の水を浄化する手法であり、これによって海洋や湖沼の環境保全、開発に寄与していこうとするものである。

2. 浄化機能

多空隙の碎波堤が浄化効果の高いことを発見し、これを「浄化防波堤」と名付け、浄化しようとする水域を図-1のような「浄化防波堤」で囲う¹⁾。これを「水域の浄化システム」または「水域のうつろ」、「海洋のうつろ」という。

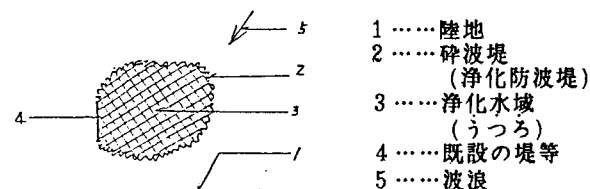
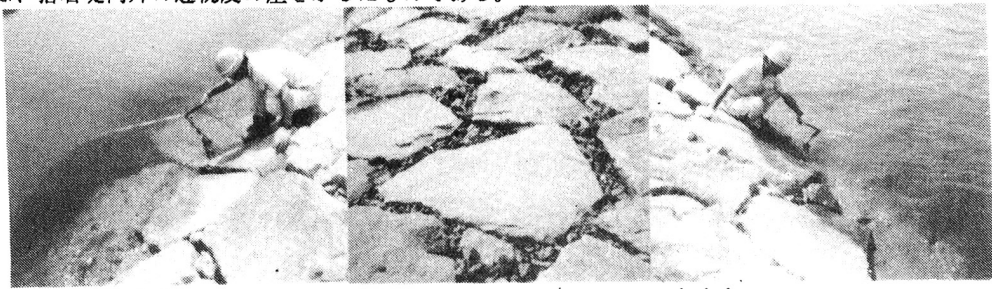


図-1 水域の浄化システム

このようなうつつは水の浄化機能の基本となる「ばう気」「接触酸化」「酸化池」「沈澱法」のそれぞれの作用を兼ねそなえ、しかもこれらの相乗作用によって浄化効果が高められることが明らかとなった。写真-1

*大阪府 Osaka Pref., **摂南大学 Univ. of Setsunan, ***省エネルギー振興協会 The Association of Promoting the Energy Condensation, ****日本浄化ブロック協会 The Association of Purifying Blocks.

は、捨石堤内外の透視度の差を示したものである。



うつろ内の水域

うつろ外の水域(外洋)

写真-1 水域の浄化された状況

2.1 波浪によるばっ気

波のエネルギー等によって波浪が砕波堤に当たると砕波し、空中に水を散布すると同時に水中に空気を混入し、攪はんする作用によって水と空気の接触作用を高め、水中の溶存酸素を増加させる²⁾。近年このような波浪ばっ気、特に「砕波帯における溶存酸素の挙動」についての実験的な研究が進められている^{3) 4)}。また、護岸の構造によるばっ気効果のちがい⁵⁾や傾斜堤の材料の形状によって、ばっ気効果の変化することも明らかにされた。さらに、このほど「海域環境改善工法」の実験も行なわれており⁶⁾「波浪ばっ気」による水質改善の効果の大きいことが明らかにされてきた。

2.2 接触酸化

物と汚染水が接触していると、物の表面に生物膜が発生し、この生物膜によって汚水が酸化分解されることを「接触酸化」といい、特に汚染水が礫の間を通過することにより行なわれる接触酸化を「礫間接触酸化」という。礫間接触酸化法については「多摩川河川浄化事業」^{7) 8)}、さらに基礎実験として「荒川調節池総合開発事業下水浄化実験」が行なわれている⁹⁾。

多空隙の砕波堤の築堤材料は、捨石やコンクリートブロックで築造されているため礫間接触酸化の機能が大きい。

2.3 酸化池

汚染水を広い水域に滞留させ、バクテリアや藻類を発生させて、生物学的に水を浄化する池を「酸化池」という。砕波堤によって締切られたうつろな水域は酸化池を構成し、水の自浄作用を進行させる。

2.4 沈澱法

汚染水の流速を極めて小さくすることにより水中の浮遊物を沈澱させる方法を「沈澱法」という。砕波堤で締切られた水域は波浪の影響が少なく、大きな沈澱池を構成する。

さらにばっ気および酸化作用によって汚染物のブロック化が進み、沈降作用が促進される。

3. うつろの浄化能力

3.1 うつろ内の潮汐

日本近海における潮汐の干満差は表-1の通りであり、このような外洋に潮汐差が生じれば、多空隙の砕波堤を透過して、うつろ内にも潮汐の変化がみられる。写真-2は埋立の過程で周囲を捨石堤(砕波堤)で囲

表-1 日本近海の潮汐定数(大潮差~小潮差)各平均¹⁰⁾

釧路	(0.8~0.5)	宇和島	(1.7~0.7)	福岡	(1.6~0.6)
東京	(1.3~0.5)	大阪	(1.0~0.3)	佐世保	(2.5~0.9)
四日市	(1.9~0.7)	神戸	(1.0~0.3)	大連	(2.6~1.6)
和歌山	(1.3~0.4)	広島	(2.9~1.2)	上海	(1.0~2.6)



写真-2 うつろ内の潮位変化の軌跡

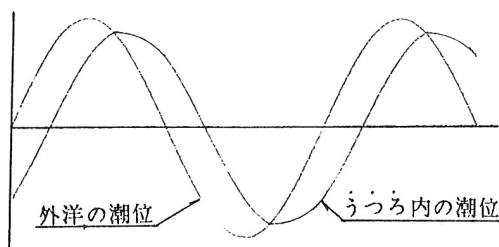


図-2 外洋とうつろ内の潮位差

またうつろな水域の潮位変化の軌跡で、干満の都度捨石堤を透過して浄化される。

外洋とうつろ内の潮位と時間の関係は図-2の通りである。一般にうつろ内の潮位のピークが生ずる時刻 t と、この時の潮位差 Δh は、外洋のピークが生じる時刻 t_0 と潮位 h_0 との間に $\Delta t = t_0 - t$ $\Delta h = h_0 - h$ の時間のおくれと潮位の差を生じる。このおくれは砕波堤の延長、幅員、空隙率、うつろ内の面積等によって変化する。

3.2 うつろの希釈

外洋の潮汐の変位差により、多空隙の砕波堤を透過して、外洋の海水が侵入し、うつろ内の水が希釈される。うつろ内の平均満潮水深 H 、うつろ内の潮汐差 h 、うつろ内の面積 A とすれば1回の潮汐変化による流入または流出量は Ah 、残留水量は $A(H-h)$ で、うつろの1回の潮汐変化による希釈率は $A(H-h)/AH$ 、1日2回の潮汐差があり、 N 日目の残留率 $k = (H-h)^{2N}/H^{2N}$ となる。

〔例〕 $H = 5\text{m}$ $h = 1.0\text{m}$ $N = 7$ 日 $k = 1/23$ 7日後には希釈され残留水量はわずか $1/23$ となる。

3.3 汚水の処理能力

潮汐の干満差によって、多空隙の砕波堤を透過するとき、「礫間接触酸化」「波浪ばっ気」の作用で、透過された莫大な量の水が浄化される。1日当りの処理能力を Q とすれば、潮汐が1日2回として $Q = 4Ah(A$; うつろ内の面積 h ; 潮位差) となる。

〔例〕 $h = 1\text{m}$ 、1辺 10km のうつろの面積 $A = 100\text{km}^2$ とすれば $Q = 4$ 億トン/日となり、この値は日本全国1億2千万人の排出する下水計画量約1億トン ($1.2\text{億人} \times 800\text{l/日}$) を上回る莫大な処理水量に匹敵する。

4. 浮遊物

4.1 うつろの生態

多空隙の砕波堤で構成された水域は写真3～5のように、かき、いがい、磯がに、石がに等が群生しており、またうつろな水域には、このしろ、ちぬ、ばら、いわし等無数の魚が繁殖している。

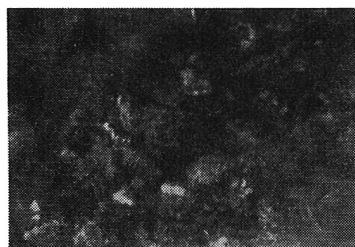


写真-3 うつろを構成した砕波堤に生息する「かき」

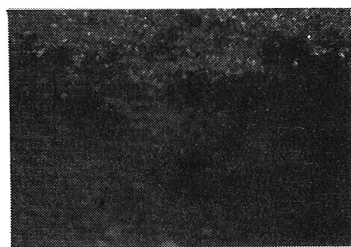


写真-4 うつろを構成した砕波堤に生息する「いがい」



写真-5 うつろを構成した砕波堤に生息する「いそかに」

4.2 プランクトンの濃縮

水域の水質悪化の指標としてMF値が用いられているが、海湖の沖合での浮遊物のほとんどはプランクト

ンである。礫間接触酸化の浮遊物の除去率は80~100%と言われ、多空隙の砕波堤を透過することによって除去される。プランクトンの挙動と濃縮の過程は図-3に示す通りである。

多空隙の砕波堤を透過することによって除去される浮遊物の除去量を $f(mg/l)$ とすれば、1回の潮汐によって、除去される浮遊物量は $F=10000 \times A \times hf$ となり(A ; うつろ内の面積 m^2 ; h ; 干満差 m)これが多空隙の砕波堤に吸着されたことになる。例えば、うつろの一辺が $10km$ (面積 $A=100km^2$)、 $h=1.0m$ 、 $f=5mg/l$ とすれば、 $F=500ton$ であるから、1回の潮汐により濃縮または回収されるプランクトンの量は $500ton$ となる。これらのプランクトンは多空隙の砕波堤に吸着されることによって、直接的または間接的に魚、貝等の水産資源に変換される。

5. ごみ

琵琶湖や東京・大阪・名古屋等の大都市周辺の海(湖)岸はプラスチック、ナイロン、空ビン、空カンや木片等の漂流物によって汚染されている。これらの漂流物は自らの海岸で発生したものではなく、他の海(湖)の水域より漂流して来るところに大きな問題がある。大阪湾の海岸に打ち上げられた写真-6のような2m四方の海岸のゴミをサンプリングして分析すると表-2の通りである。

このサンプル調査から大部分のゴミ類が他の水域から漂流してきたものであると言える。

6. 油汚染

我国の油の取り扱い量は年間約30億 kl といわれ、海湖の水域は輸送・使用の両面より汚染の脅威にさらされている。油汚染はゴミと同じく、他の水域から油状あるいはオイルボールとして漂流し、海水浴場やのり、魚等に大きな影響を及ぼしている。特に自然海浜や東京、大阪、名古屋等の都市の湾奥での被害がいちじるしい。大都市の湾奥であっても埋立の過程で多空隙の砕波堤によって囲まれたうつろな水域を構成された場所とれた魚は油に汚染されていない(油臭くない)。

このような事実から、多空隙の砕波堤は油の漂流物がきわめて透過しにくい性質であると考えられる。

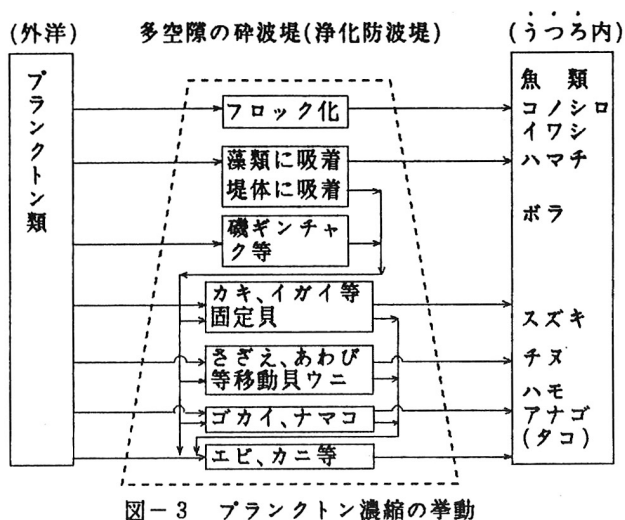


図-3 プランクトン濃縮の挙動



写真-6

表-2 海岸に打ち上げられたゴミの分析例(大阪湾内)

発生場所	ゴミの種類	重量	(比率)
自らの水域や海岸で発生したと思われるもの	貝がら、のり等	—	200 (g)
	空かん等のゴミ	—	(12.8%)
他の水域や海岸で発生して漂流してきたと思われるもの	プラスチック製	230	1,365 (g) (87.2%)
	木片類	1,070	
	布等のゴミ	65	
計		1,565	(100%)

7. 漂 砂

波浪や海流による海底の砂礫の移動、海岸の侵食、河口閉塞、航路への堆積等によって、水産、交通運輸、国土保全の上で、大きな被害を受けているが、うつろな水域は静かで波浪や潮流がほとんどないため漂砂の影響はない。また、うつろの外郭部の水深が7~10m以上の深さとする事により、うつろの前面の波浪による影響を受けにくい。

8. 飛沫(塩)

最近海岸に隣接した家屋等で波のしぶきが飛び、トタン屋根やテレビのアンテナ、エンジン等の精密機械に被害を及ぼしている。海岸の砕波地帯が被害物に隣接しているのが大きな原因で、うつろ(空)の水域を隔てる事により飛沫(塩)の害を防ぐことが可能である。

9. 防災性

波浪、高潮、津波等に対する防災性については、多空隙の砕波堤は古来から捨石防波堤として、素朴で安定した経済的な工法として、広く利用されている。また、最近では消波根固めブロックを併用して埋立護岸にも利用されている。このような捨石防波堤として、埋立の過程で護岸工事が完成し、この中に土の入っていない

「空」の状態、これが「水域のうつろ」であり、防災性にすぐれた工法である。

10. 海洋の外敵

多空隙で囲まれたうつろな水域は鯨や潜水艦、上陸用舟艇等海洋の外敵を近づけない。

11. うつろの「漠」性

うつろ本体は多空隙の砕波堤で囲まれ、ほとんど水中に没し、水面に1~3m頭を出した空の水域である。琵琶湖や大阪湾の対岸を意識する人が少ないように、うつろの規模が大きくなれば大きくなるほど、水面の曲率や波浪、霧、陽炎等の気の働きによって、うつろ本体が「漠」として目立たなくなる。

水面の曲率によって、対岸のうつろを見ることの出来る距離は、人の目の高さ h_1 、対岸の砕波堤の水面上の高さ h_2 、うつろ内の波浪高さ h_3 、地球の半径を R とすれば

$$L = \sqrt{(R+h_1)^2 - (R+h_3)^2} + \sqrt{(R+h_2)^2 - (R+h_3)^2}$$

となり、例えば $h_1=1.2m$ $h_2=3.0m$ $h_3=0.1m$ $R=6370km$ とすれば、 $L=9.8km$ で1辺約10km以上のうつろではうつろの存在が有るか無いかわからない。

12. うつろの活用

砕波堤で囲まれた「空」の器に入るものは、下水排水の三次処理、海水浴場、つり公園、海洋牧場、海上空港さらには海洋都市等、うつろの規模が大きければ大きいほど、この利用範囲もはかり知れない。

13. うつろの特徴

- 1) 海洋や湖沼の水域に流入する汚濁河川、下水排水を始め、この水域に発生する赤潮や油汚染を波浪や潮汐等の自然の力、すなわち「自浄作用」によって水をきれいにしようとするものである。
- 2) 波浪や潮汐のエネルギーを利用して水処理を行なうために、水処理に要するランニングコストがほとんどかからない。
- 3) 莫大な水域の水を処理することが可能である。
- 4) うつろの規模が大きくなれば大きくなるほど水面の曲率算により「漠」として有るか無しである。
- 5) 薬品による水処理を行なわないため、二次公害のおそれがない。
- 6) 砕波堤で囲まれたうつろ水域は漂砂、飛沫対策として効果が高い。
- 7) うつろ内の水域は高潮や津波対策としても役立つ。
- 8) うつろ内の水域を海洋牧場として、また多空隙の砕波堤は魚礁としての利用が可能である。
- 9) うつろ内の水域は海水浴場等のレジャーに利用すれば、漂流物のゴミや大腸菌が少なく、きれいで衛生的な水域となる。さらに漂砂によって砂を失うことも少ない。
- 10) 波浪のエネルギーの利用によって反射波が消滅し、航路の安全や沿岸の保全に役立つ。

11) 多空隙の接触酸化材としてコンクリートのガラ等の再利用が可能である。

14. むすび

中国の思想で「うつろ」とは「空」であり「無」である。万物を生み出そうとする根元である。すべての対立を超越し、抱擁し、万物と一体となって「漠」として有るか無しの存在である。うつろだから物が入れられる。フィゴの中はうつろだから働けばいくらでも風が吹きでる。「うつろ」こそ「無」から「有」、「無」から巨万の富を創造するという。”

このように「砕波堤を利用した水域の浄化システム」(水域のうつろ、海洋のうつろ)は波浪や潮汐のエネルギーを利用して、しかもこれらの水域で発生した(赤潮、油汚染、河川汚濁、下水排水等の海洋汚染、河口閉鎖等の漂砂、飛沫、時化、高潮、津波、海洋の外敵に至る)すべての「悪」を「無」に「化」え、さらに「無」から「有」を生む。

すなわち、うつろそのものを「レジャー施設」や「魚礁」「海洋牧場」等に利用すれば時化などの影響を受けることが少なく、計画的に水産資源を生産することが可能で、石油や石炭のように資源の枯渇することを知らない。海洋国土におけるうつろの規模は琵琶湖や東京湾のように大きければ大きいほどその効果も大きくなる。

このうつろこそ、これからの海洋や湖沼の保全、開発の主体となるものであり、国際的にもこの発明・発見の意義は大きいと言える。

最後になりましたが、これらの研究にあたり、徳島大学の細井由彦先生をはじめ大阪府等の関係各位に積極的な御協力を賜りましたことを一同感謝申し上げます。

15. 参考文献

- 1) 水域の汚染防止システム 赤井一昭 月刊建設 1983-9 全日本建設協会
- 2) 廃水の生物学的処理 岩井重久訳 コロナ社
- 3) 砕波帯における溶存酸素濃度の挙動に関する実験的研究 細井由彦 村上仁士
第28回海洋工学講演会論文集(1981)
- 4) 沿岸部におけるDOの挙動に関する基礎研究 細井由彦 村上仁士
水質汚濁研究 第7巻第5号(1984)
- 5) 護岸の曝気能比較に関する実験 堀江 毅 細川恭史 三好英一
第27回海岸工学講演会論文集(1980)
- 6) 空気曝気による海域環境改善工法について 運輸省第五港湾建設局 富田英治
へトロNo28 1983-9
- 7) 自然浄化機能を活用した水質の改善方策に関する調査報告 S.59年4月
科学技術庁 資源調査会
- 8) 多摩川河川浄化事業 礫間接触酸化法 建設省関東地方建設局京浜工事事務所
- 9) 荒川調節池総合開発事業 下水浄化実験報告書 S.54年12月
建設省関東地方建設局荒川上流工事事務所
- 10) 理科年表 S58年 丸善株式会社
- 11) 泉州海岸漂砂調査(その3)報告書 S54年12月
運輸省第三港湾建設局関西国際空港調査室
日本テトラポット株式会社